



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 42 34 782 A 1

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
A 61 B 5/12

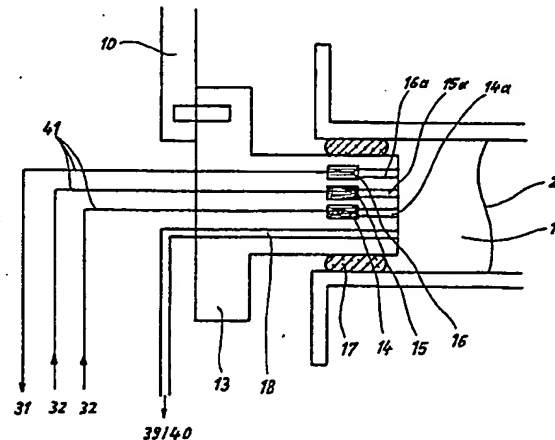
②1 Aktenzeichen: P 42 34 782.3  
②2 Anmeldetag: 15. 10. 92  
④3 Offenlegungstag: 21. 4. 94

DE 42 34 782 A 1

⑦1 Anmelder:  
Hortmann GmbH, 72654 Neckartenzlingen, DE  
  
⑦4 Vertreter:  
Möbus, R., Dipl.-Ing.; Möbus, D., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.,  
72762 Reutlingen; Schwan, G., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anwälte, 81739 München

⑦2 Erfinder:  
Hortmann, Günter, 7449 Neckartenzlingen, DE;  
Voßieck, Thomas, Dr., 7447 Aichtal, DE  
  
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:  
US 50 63 946  
US 42 37 905  
SU 12 97 803 A1  
De-Z: Audiologische Akustik, 2/88, S.16-18,20,22-23;  
DE-Z: Audiologische Akustik, 2/88 S.46-53;  
DE-Buch: ZWICKER, E.: Psychoakustik, Springer  
Verlag, 1982, S.20-27;

- ⑤4 Vorrichtung zur Überprüfung des Hörvermögens  
⑤7 Vorrichtung zur Überprüfung des Hörvermögens nach  
mindestens einer der bekannten Methoden zur objektiven  
Hörprüfung, die Einrichtungen zur Messung des im Mittelohr  
herrschenden Drucks (14 bis 16) und Einrichtungen (18, 19,  
39) zur Anpassung des Luftdrucks im äußeren Gehörgang an  
den Druck im Mittelohr aufweist. Damit wird die umfassende  
Messung des Hörvermögens ermöglicht, ohne von Druckun-  
terschieden zwischen Mittelohr und äußerem Ohr beein-  
trächtigt zu werden.



DE 42 34 782 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 02. 94 408 016/152

8/39

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Überprüfung des Hörvermögens nach mindestens einer der Methoden: elektrische Reaktionsaudiometrie, Reflexmessung des Stapedius-Muskels oder Messung der otoakustischen Emissionen, mit einer in den äußeren Gehörgang einführbaren Sonde zur Erzeugung und/oder Messung akustischer Signale und einer Signal-Auswerteeinrichtung.

Objektive Messungen des Hörvermögens, d. h. ohne aktive Beteiligung des Probanden, ermöglichen die Überprüfung des Hörvermögens auch von Säuglingen, Kindern oder auch Simulanten. Darüber hinaus schließen sie fehlerhafte Meßergebnisse auf Grund sprachlicher Differenzen zwischen Prüfer und Probanden, die durch besondere Ausspracheeigenheiten des Prüfers oder unterschiedlicher Muttersprache von Prüfer und Probanden entstehen können, aus. Es sind hierbei insbesondere drei Methoden zur objektiven Hörprüfung bekannt:

## 1. Elektrische Reaktionsaudiometrie

Durch akustische Reizung des Ohres entstehen an der Schädeloberfläche meßbare elektrische Potentiale des Hirnstamms. Zur Erzeugung dieser Potentiale werden einem Probanden in rascher Folge akustische Stimuli, z. B. Klick-Laute präsentiert. Die elektrischen Antwortsignale des Hirnstamms werden vom Reizende an während einiger Millisekunden gemessen. Dabei wird zwischen frühen Potentialen (0 bis 15 ms nach Reizende), mittleren Potentialen (15 bis 80 ms nach Reizende) sowie späten Potentialen (300 bis 400 ms nach Reizende) unterschieden. Größe und Zeitpunkt des Auftretens der einzelnen Potentiale ist bei einem gesunden Gehör nur abhängig vom Reizzeitpunkt und der Reizlautstärke. Abweichungen im zeitlichen Auftreten der Potentiale lassen daher auf eine krankhafte Veränderung des Hörvermögens schließen. Die zu messenden Hirnstampmpotentiale, insbesondere die frühen Potentiale, haben dabei extrem niedrige Spannungswerte im Bereich von Nanovolt und können daher nur durch Aufsummieren und Mittelwertbildung nachgewiesen werden.

## 2. Messung der Trommelfellimpedanz und Reflexmessung des Stapedius-Muskels

Die Messung der Trommelfellimpedanz ermöglicht die Diagnose von Schalleitungsstörungen.

Aus dem Verhältnis der Amplituden und der Phasenbeziehung einer vom Prüftönen auf das Trommelfell einfallenden und der vom Trommelfell reflektierten Schallwellen kann die Trommelfellimpedanz bestimmt werden. Die Höhe der Trommelfellimpedanz ermöglicht Rückschlüsse auf die Beweglichkeit des gesamten Mittelohrapparates. Des weiteren weist die Trommelfellimpedanz bei Druckgleichheit zwischen Gehörgang und Mittelohrkavität ein Minimum auf.

Bei einem gesunden Ohr tritt bei einem Schallreiz mit einem Lautstärke-Pegel von mehr als 70 dB eine Kontraktion des Stapedius-Muskels im Mittelohr auf. Durch diese Kontraktion entsteht eine Versteifung der Gehörknöchelchenkette und somit eine Verspannung des Trommelfells zum Schutz vor Beschädigung. Durch die Verspannung des Trommelfells ändert sich jedoch auch seine akustische Impedanz. Diese Impedanzänderung des Trommelfells kann mit der bekannten Methode der

akustischen Impedanzmessung nachgewiesen werden, bei der ein Prüftönen in den äußeren Gehörgang geleitet wird und durch Messung des reflektierten Anteils der absorbierte Schallanteil bestimmt wird. Gleichzeitig zum Prüftönen wird der eigentliche Reiztönen in den äußeren Gehörgang geleitet. Die Reizlautstärke, welche erforderlich ist, um eine Kontraktion des Stapedius-Muskels auszulösen, erlaubt Rückschlüsse auf das Hörvermögen.

## 3. Messung der otoakustischen Emissionen

Otoakustische Emissionen, die auch als cochleäre Echos bezeichnet werden, sind Schallwellen, die von den äußeren Haarzellen des Innenohrs bei Reizung des Gehörs gebildet werden. Diese Schallwellen werden über die Gehörknöchelchen in umgekehrter Richtung vom Innenohr zum Trommelfell geleitet und können im äußeren Gehörgang durch empfindliche Meßmethoden nachgewiesen werden. Bei den otoakustischen Emissionen werden spontane otoakustische Emissionen, welche ohne Beschallung bei einem Teil der Bevölkerung nachgewiesen werden können, transitorisch evozierte otoakustische Emissionen, welche vorzugsweise mittels eines kurz andauernden Klicks angeregt werden und zu einem für jeden Patienten typischen Echo führen, und kontinuierlich evozierte otoakustische Emissionen, die zumeist durch Beschallung mit zwei unterschiedlichen Frequenzen hervorgerufen werden, wobei das Echo als Distorsions- oder Verzerrungsprodukt bei einer dritten Frequenz nachgewiesen werden kann, unterschieden.

Mit den drei oben genannten Methoden werden jeweils unterschiedliche Abschnitte des Gehörs überprüft, so daß sich die Methoden bei der Gesamtmessung des Hörvermögens ergänzen. Zur umfassenden Überprüfung des Hörvermögens waren bislang jedoch mehrere verschiedene, für die einzelnen Meßmethoden ausgelegte Geräte erforderlich. Die sequentielle Anwendung der einzelnen Methoden ist jedoch sehr zeitaufwendig, da der Proband jedesmal an ein neues Gerät angeschlossen werden muß. Darüber hinaus traten seither häufig Verfälschungen der Meßergebnisse durch Druckunterschiede zwischen Mittelohr und äußerem Gehörgang auf oder machten die Durchführung der Messungen vollständig unmöglich. Die Ursachen solcher Druckunterschiede zwischen Mittelohr und äußerem Gehörgang liegen in einer fehlerhaften Funktion der eustachischen Tube, wie sie häufig bei Schnupfen, Blockierung durch Rachenmandeln o. ä. hervorgerufen wird.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur umfassenden Messung des Hörvermögens zu schaffen, das die oben genannten Nachteile vermeidet.

Die Aufgabe wird mit einer Vorrichtung der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Vorrichtung Einrichtungen zur Messung des im Mittelohr herrschenden Drucks und Einrichtungen zur Anpassung des Luftdrucks im äußeren Gehörgang an den Druck im Mittelohr aufweist. Durch diese Vorrichtung ist es möglich, vor allen Überprüfungen des Hörvermögens festzustellen, ob eine Minderung des Hörvermögens durch Druckunterschiede zwischen äußerem Gehörgang und Mittelohr gegeben ist, und einen solchen Druckunterschied gegebenenfalls auszugleichen. Auf diese Weise ist gewährleistet, daß die Meßergebnisse der anschließend angewendeten Methoden zur Überprüfung des Hörvermögens unverfälscht sind. Insbesondere bei der Messung der otoakustischen Emissionen ist

die Möglichkeit der Schaffung eines Druckausgleichs zwischen Mittelohr und äußerem Gehörgang von Bedeutung, da diese Messungen nur durchgeführt werden können, wenn der Hörverlust nicht mehr als 20 bis 30 dB beträgt. Druckunterschiede zwischen äußerem Gehörgang und Mittelohr können Hörverluste in dieser Größenordnung herbeiführen. Bei der Schaffung des Druckausgleichs kann zweckmäßigerweise die Einrichtung zur Messung des im Mittelohr herrschenden Drucks eine Einrichtung zur akustischen Impedanzmessung des Trommelfells sein. Falls in der Vorrichtung zur Überprüfung des Hörvermögens eine Reflexmessung des Stapedius-Muskels vorgesehen ist, bei der ebenfalls eine Impedanzmessung des Trommelfells vorgenommen wird, kann diese Einrichtung gleichzeitig zur Ermittlung von Druckunterschieden zwischen Mittelohr und Äußeren des Ohres eingesetzt werden. Besondere Vorteile ergeben sich, wenn die Vorrichtung eine Überprüfung des Hörvermögens sowohl durch elektrische Reaktionsaudiometrie als auch durch Reflexmessung des Stapedius-Muskels als auch durch Messung der otoakustischen Emissionen erlaubt. Eine derartige Gerätekombination ermöglicht eine erhebliche Einsparung von Hardware und Software. Die für alle Meßmethoden erforderlichen Bauelemente sind nur einmal erforderlich. Die einzelnen Meßergebnisse der verschiedenen Überprüfungsmethoden können miteinander verglichen und zu einem gemeinsamen Gesamtergebnis aufbereitet werden. Außerdem müssen die Probanden nicht an verschiedene Geräte angeschlossen werden, da alle Meßverfahren an einem gemeinsamen Gerät vorgenommen werden können. Insofern reduzieren sich die Untersuchungszeiten, was neben einer Effizienzsteigerung gerade bei Untersuchung von Kindern eine Erleichterung erbringt, da diese in der Regel weniger Geduld für langwierige Untersuchungen aufbringen.

Bei Geräten, die für alle drei Meßmethoden ausgelegt sind, kann die Sonde zwei elektroakustische Wandler und ein Mikrophon aufweisen und an der Vorrichtung Elektroden zur Messung von Hirnstammpotentialen sowie ein Schallgenerator vorgesehen sein. Damit sind mit einer einzigen Sonde alle drei Messungen durchführbar. Die Sonde der Vorrichtung kann dabei vorteilhafterweise mit einer luftdichten Abdichtung in den Gehörgang einsetzbar sein, wobei durch die Abdichtung ein mit einem Luftdruckaggregat verbundener Schlauch zur Regulierung des Luftdrucks im Gehörgang geführt sein kann, um einen eventuell vor der Messung fälligen Druckausgleich im äußeren Gehörgang durchführen zu können. Der Einsatz und die Halterung der Sonde kann dadurch erleichtert werden, daß die Sonde an einem Kopfbügel angeordnet ist.

Die Auswerteeinrichtung der Vorrichtung kann zweckmäßigerweise eine Anzeige- und Ausgabereinrichtung sowie eine Speichereinheit aufweisen. Bei einer Vorrichtung für elektrische Reaktionsaudiometrie und/oder Messung der otoakustischen Emissionen ist zudem das Vorsehen eines Signalverstärkers und eines Mittelwertbildners in der Auswerteeinrichtung von Vorteil.

Nachfolgend wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung anhand der Zeichnung näher erläutert.

Im einzelnen zeigen:

Fig. 1 eine schematische Ansicht einer in den Gehörgang eingeführten Sonde der Vorrichtung;

Fig. 2 ein schematisches Blockdiagramm einer Auswerteeinrichtung der Vorrichtung.

Fig. 1 zeigt einen in einen Gehörgang 1 eingeführten

Sondenkörper 13. Der Sondenkörper dient der Aufnahme und der korrekten Positionierung vorzugsweise zweier Schallgeber 14 und 15, eines Mikrophons 16 und eines Schlauches 18 im Gehörgang 1. Der Sondenkörper 13 wird entweder von einem angedeuteten Kopfbügel 10 oder der Reibung zwischen der Abdichtung 17 und dem Gehörgang 1 gehalten. Die Abdichtung 17 besteht vorzugsweise aus Gummi und ermöglicht den luftdichten Abschluß der in den Sondenkörper 13 eingelassenen Schallgeber 14, 15 und des Mikrophons 16. Zur akustischen Verbindung der Schallgeber 14, 15 und des Mikrophons 16 einerseits und des Gehörganges andererseits sind in den Sondenkörper Kanäle 14a—16a eingelassen. In den Sondenkörper 13 sind außerdem elektrische Leitungen 41 eingelassen, welche die Schallgeber 14, 15 mit dem Schallgenerator 32 und das Mikrophon 16 mit der Aufnahmeeinheit 31 der Auswerteeinheit nach Fig. 2 verbinden. Außerdem ist durch den Sondenkörper 13 ein Druckschlauch 18 zur Regulierung des Druckes im Gehörgang 1 geführt. Durch diesen Schlauch 18 wird der Gehörgang 1 mit dem Luftdruckaggregat 39 und der Druckmessung 40 der Auswerteeinheit nach Fig. 2 verbunden.

Die in Fig. 2 dargestellte Auswerteeinrichtung 30 ist für eine Vorrichtung gedacht, bei der alle drei Meßmethoden zur Überprüfung des Hörvermögens eingesetzt werden können. Sie weist daher zunächst eine Aufnahmeeinheit 31 auf, die sowohl der Verstärkung der von Elektroden aufgenommenen Hirnstammpotentiale bei der elektrischen Reaktionsaudiometrie als auch der Verstärkung des Signals des Mikrophons 16 bei der Impedanz- und Stapedius-Reflexmessung sowie der otoakustischen Emissionsmessung dient. Sie weist hierzu zwei getrennt wählbare Eingangsstufen auf. Die Eingangsstufen sind vorzugsweise mit Differenzeingangsstärkern bestückt.

Weitere Merkmale sind eine hohe Rauscharmut, eine hohe Eingangsimpedanz zur Aufnahme der schwachen Hirnstammpotentiale sowie eine hohe Gleichtaktunterdrückung. Die Aufnahmeeinheit 31 ist außerdem mit einer Baugruppe zur Wandlung der analogen Größen in Zahlenwerte (A/D-Wandlung) ausgestattet, damit die aufgenommenen Daten vom Rechner 33 weiterverarbeitet werden können. Ein zweites Element der Auswerteeinrichtung 30 ist ein zweikanaliger Schallgenerator 32, der mit dB-Teilern ausgestattet ist. Bei der Messung der akustischen Impedanz des Trommelfells arbeitet nur einer der Generatoren zur Erzeugung eines Sontones. Bei der Messung des Stapediusreflexes erzeugt der zweite Generator zusätzlich Tonreize mit einer Frequenz von 0,5 bis 4 Hz und einem Lautstärkepegel von 70 bis 100 dB. Bei der transitorisch evozierten otoakustischen Emissionsmessung wird nur ein Generator zur Erzeugung von Klick-Lauten eingesetzt, während bei der kontinuierlich evozierten otoakustischen Emissionsmessung mit beiden Generatoren lautgleiche Tonreize bei unterschiedlichen Frequenzen erzeugt werden. Bei der elektrischen Reaktionsaudiometrie wird der zweite Generator zur Erzeugung von Klick-Lauten und Tonbursts eingesetzt. Das Signal des ersten Generators kann bei Verlagerung eines Schallgebers 14, 15 in einen weiteren (nicht gezeigten) Sondenkörper im zweiten Ohr des Probanden appliziert werden. Durch eine hiermit mögliche Vertäubung des zweiten Ohrs lassen sich die Meßergebnisse in bestimmten Fällen verbessern.

Durch eine Duplizierung des in Fig. 1 gezeigten Sondenkörpers 13 mit seinen integrierten Teilen 14—16, 18

und eine Duplizierung der Einheiten 31, 39, 40 läßt sich das zweite Ohr des Probanden simultan stimulieren. Der zweite Sondenkörper wird durch den Kopfbügel 10 oder ebenfalls durch die Reibung im Gehörgang gehalten.

Wird nur der Sondenkörper 13 dupliziert und die Einheiten 31, 39 und 40 umschaltbar ausgelegt, so kann die Messung ohne Wechsel des Sondenkörpers und der Elektroden zur Hirnstammaudiometrie von beiden Ohren des Probanden durchgeführt werden.

Die Möglichkeit der beidseitigen Stimulation kann einerseits die Messung beschleunigen und andererseits zusätzliche Diagnosemöglichkeiten (Vertäubung, Maskierung etc.) erlauben.

Ein weiterer wichtiger Bestandteil der Auswerteeinrichtung 30 ist ein Rechner 33 zur Aufsummierung und Mittelwertbildung der von der Aufnahmeeinheit 31 aufbereiteten Meßergebnisse. Diese Mittelwertbildung dient der Verbesserung des Signal-Rausch-Abstandes und wird bei der Messung der otoakustischen Emissionen sowie der elektrischen Reaktionsaudiometrie verwendet. Außerdem wird mit dem Rechner 33 ein Verfahren zur Trennung passiver und aktiver Echos, welche auf Nichtlinearitäten des Gehörs beruhen, durchgeführt. Die mit dem Rechner 33 gewonnenen Meßsignale werden in einer Speichereinheit 34 zwischengespeichert und können auf einer Anzeigeeinheit 35 optisch dargestellt werden. Die Anzeigeeinrichtung kann dabei ein LCD-Display oder einen Monitor aufweisen. Für den Ausdruck kann ein Drucker oder Plotter 36 vorgesehen sein, der über eine Schnittstelle 37b an die Auswerteeinrichtung 30 anschließbar ist. An eine zweite Schnittstelle 37a lassen sich externe Speichermedien zur Permanent-speicherung der Meßergebnisse anschließen. Weiter ist eine Eingabeeinheit 38 in der Auswerteeinrichtung 30 vorgesehen, mit der bestimmte Untersuchungsprogramme aus dem Rechner 33 abgerufen oder auch Frequenz, Form und Lautstärke der zu erzeugenden akustischen Signale direkt beeinflußt werden können. Außerdem ist in die Auswerteeinrichtung 30 auch ein Luftdruckaggregat 39 integriert, an das der Schlauch 18 der Sonde 13 anschließbar ist. Gegebenenfalls durch die Auswerteeinrichtung festgestellte Druckunterschiede von Mittelohr und äußerem Gehörgang können somit direkt durch Ansteuerung des Luftdruckaggregates 39 ausgeglichen werden.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Überprüfung des Hörvermögens nach mindestens einer der Methoden: elektrische Reaktionsaudiometrie, Reflexmessung des Stapedius-Muskels oder Messung der otoakustischen Emissionen, mit einer in den äußeren Gehörgang einföhrbaren Sonde zur Erzeugung und/oder Messung akustischer Signale und einer Signal-Auswerteeinrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung Einrichtungen (14 bis 16, 18, 39, 40) zur Messung des im Mittelohr herrschenden Drucks und Einrichtungen (18, 39) zur Anpassung des Luftdrucks im äußeren Gehörgang an den Druck im Mittelohr aufweist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung (14 bis 16, 18, 39, 40) zur Messung des im Mittelohr herrschenden Drucks eine Einrichtung zur akustischen Impedanzmessung des Trommelfells ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch

gekennzeichnet, daß die Vorrichtung eine Überprüfung des Hörvermögens sowohl durch elektrische Reaktionsaudiometrie als auch durch die Impedanzmessung des Trommelfells und die Reflexmessung des Stapedius-Muskels als auch durch Messung der otoakustischen Emissionen erlaubt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonde (13) mit zwei elektroakustischen Wandlern (14, 15) und einem Mikrophon (16) versehen ist und daß die Vorrichtung Elektroden zur Messung von Hirnstammpotentialen sowie einen Schallgenerator (32) aufweist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonde (13) mit einer luftdichten Abdichtung (17) in den Gehörgang einsetzbar ist, wobei durch die Abdichtung (17) ein mit einem Luftdruckaggregat (39) verbundener Schlauch (18) zur Regulierung des Luftdrucks im Gehörgang geführt ist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonde (13) an einem Kopfbügel (10) angeordnet ist.

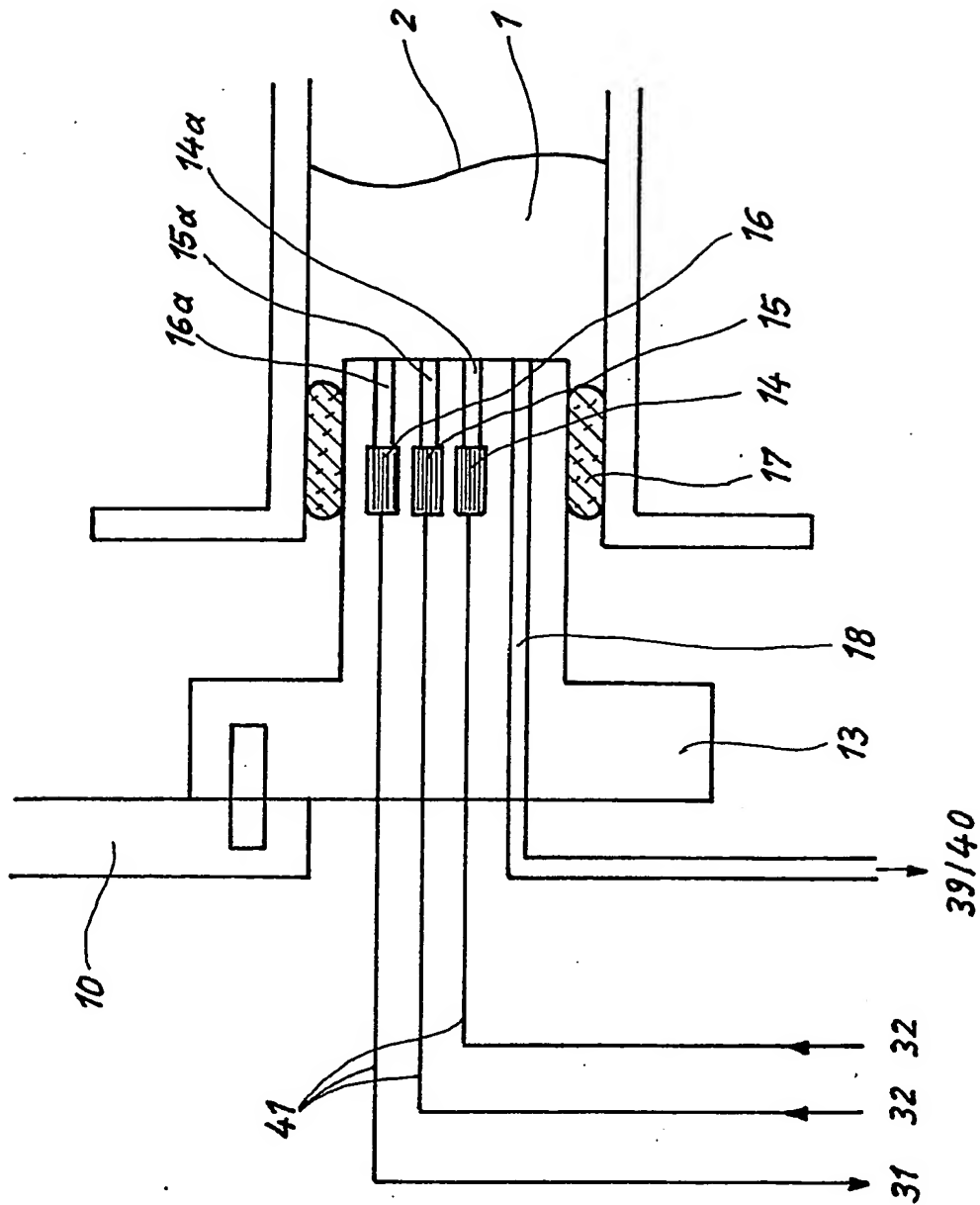
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinrichtung (30) eine Anzeige- und Ausgabereinrichtung (35, 36) sowie eine Speichereinheit (34) aufweist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinrichtung (30) eine Aufnahmeeinheit (31) und einen Rechner (33) zur Mittelwertbildung und weiteren Auswertung aufweist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---



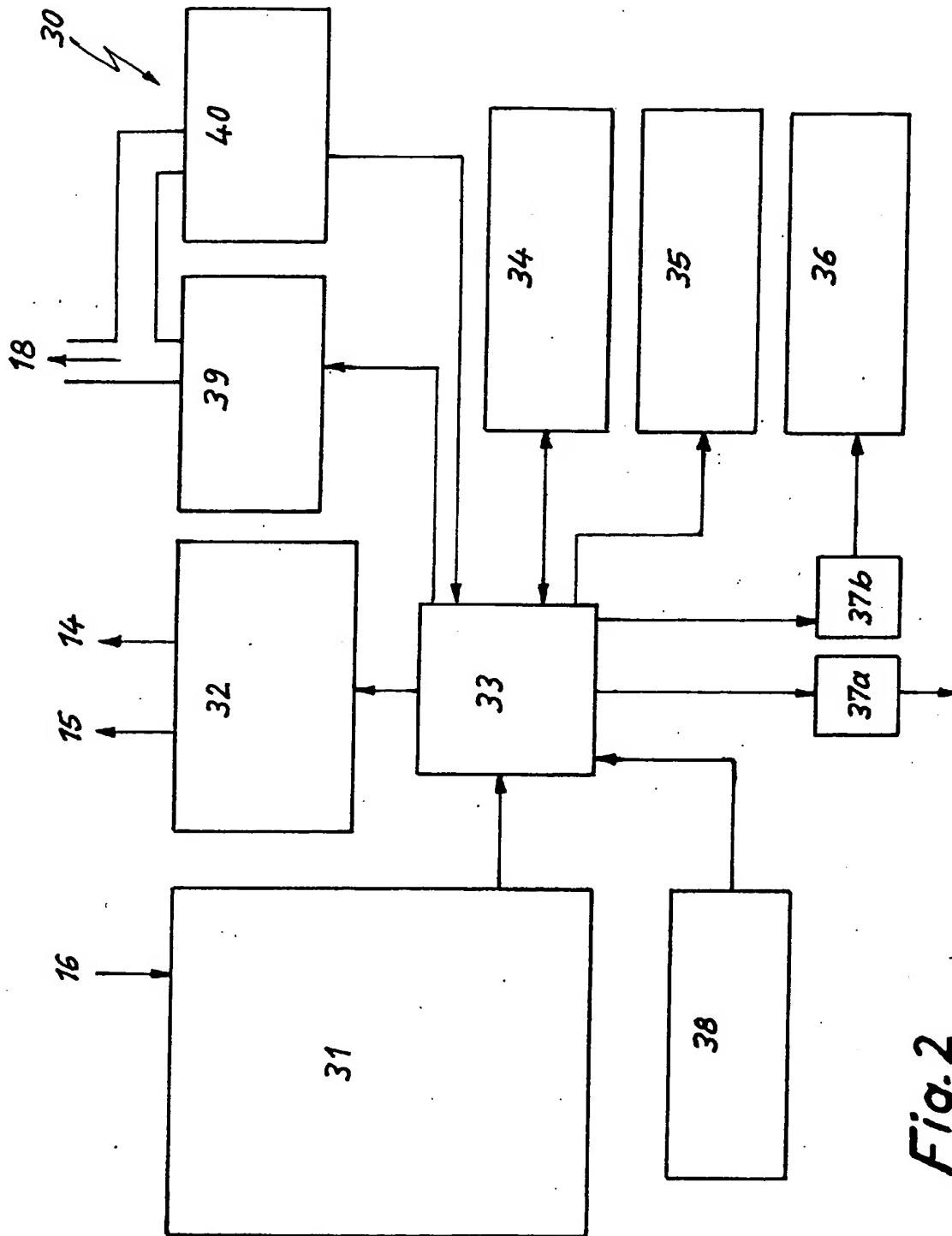


Fig. 2